

(12) NACH DEM VERtrag UBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VEROFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/034166 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G05B 23/02, 13/02, 17/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007202

(22) Internationales Anmeldedatum: 4. Juli 2003 (04.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 02021501.8 26. September 2002 (26.09.2002) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FICK, Wolfgang [DE/DE]; Schäftlarner Str. 130-20, 81371 München (DE). APPEL, Mirko [DE/DE]; Pfälzer Wald Str. 47, 81539

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

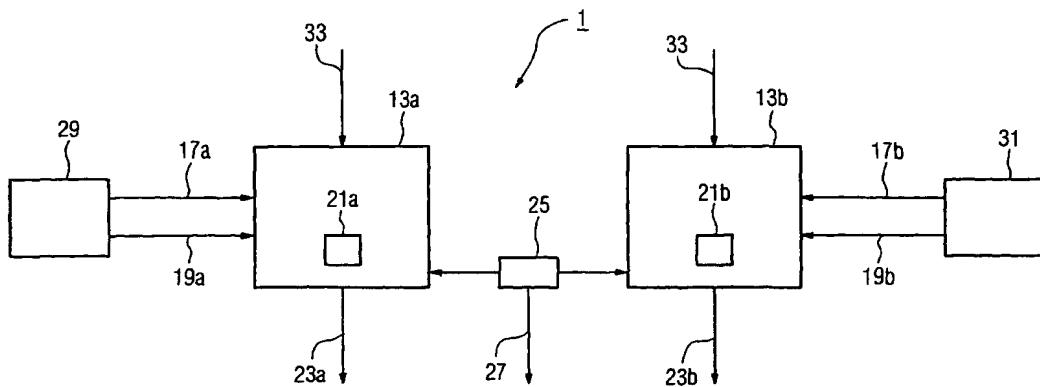
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MONITORING A TECHNICAL INSTALLATION COMPRISING SEVERAL SYSTEMS, IN PARTICULAR AN ELECTRIC POWER STATION

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR UBERWACHUNG EINER MEHRERE SYSTEME UMFASSENDEN TECHNISCHEN ANLAGE, INSBESONDERE EINER KRAFTWERKSANLAGE



(57) Abstract: The invention concerns a method and a corresponding device (1) for monitoring a technical installation (2). The invention is characterized in that a dynamic model (15) of at least one system (3, 5, 7, 9, 11) of the technical installation is enhanced by means of an artificial intelligence based algorithm (21, 21a, 21b) during the operation of said system (3, 5, 7, 9, 11).

(57) Zusammenfassung: Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren sowie einer entsprechenden Vorrichtung (1) zur Überwachung einer technischen Anlage (2) ist es vorgesehen, eine dynamische Modell (15) mindestens eines Systems (3, 5, 7, 9, 11) der technischen Anlage (1) während des Betriebs des Systems (3, 5, 7, 9, 11) mittels eines KI-basierten Algorithmus (21, 21a, 21b) zu verbessern.

WO 2004/034166 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE,*
- *BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage, insbesondere einer
5 Kraftwerksanlage

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen
10 Anlage, insbesondere einer Kraftwerksanlage.

Herkömmliche Vorrichtungen und Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage, insbesondere Diagnoseverfahren und Diagnosegeräte, stützen sich oftmals auf die Beobachtung und/oder Messung von bestimmten Betriebsparametern der technischen Anlage, wobei ein Über- oder
15 Unterschreiten eines Soll-Wertes eine Wartungsmaßnahme nahe legt.

20 Naturgemäß ist dabei die Ableitung einer notwendigen Handlungsmaßnahme bei Betrachtung von isoliert gemessenen Parametern ungenau und fehleranfällig.

25 Werden andererseits eine Fülle von Daten, welche in der technischen Anlage anfallen, insbesondere Messwerte verschiedenster Messstellen und/oder entsprechende gespeicherte, historische Messwerte, herangezogen, um sich ein Bild über den momentanen oder zukünftig erwarteten Betriebszustand zu machen, so führt dies ebenfalls zu keiner befriedigenden Aussage, da
30 die gegenseitigen Abhängigkeiten dieser Daten aus i.A. verschiedensten Datenquellen meist nicht bekannt sind und daher daraus auch keine genaue Beurteilung oder gar Vorhersage der Betriebssituation möglich ist.

35 Außerdem ist zu erwarten, dass nicht alle Daten, welche einen Einfluss auf die Betriebssituation der Anlage ausüben, erfasst werden, was das Problem weiter kompliziert macht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine verbesserte Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage, insbesondere 5 einer Kraftwerksanlage, anzugeben. Dabei soll insbesondere eine hohe Voraussagegenauigkeit hinsichtlich eines sich entwickelnden Fehlers in der technischen Anlage erzielbar sein.

Auch sogenannte „schleichende Prozessabweichungen“, die von 10 einer gewünschten Betriebssituation wegführen und dem Auftreten eines Fehlers und/oder einer Prozessstörung praktisch immer vorausgehen, sollen möglichst frühzeitig erkannt werden können.

15 Weiterhin soll mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. eines entsprechenden Verfahrens der erwartete Zeitpunkt des Auftretens eines Fehlers in der technischen Anlage möglichst frühzeitig ermittelbar sein, so dass Gegenmaßnahmen, beispielsweise eine Wartungsmaßnahme, eingeleitet werden können, bevor ein Ausfall der Anlage oder ihrer Komponenten eintritt.

20 Ferner sollen eine erfindungsgemäße Vorrichtung sowie ein entsprechendes Verfahren den Aufwand an bisher üblichen Diagnoseapplikationen in der Anlage reduzieren und darüber hinaus eine bessere Optimierung der eingesetzten Regelungsvorrichtungen erlauben.

25 Die Aufgabe wird bezüglich der Vorrichtung erfindungsgemäß 30 gelöst durch eine Vorrichtung zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage, insbesondere einer Kraftwerksanlage, umfassend

- 35 • mindestens ein Analysemodul, welches ein dynamisches Modell mindestens eines Systems der technischen Anlage umfasst, wobei dem Analysemodul Betriebs- und/oder Struktur-

daten der technischen Anlage als Eingabedaten zuführbar sind, und

- mindestens einen vom Analysemodul umfassten KI-basierten Algorithmus, mittels welchem das dynamische Modell des

5. Systems während des Betriebs des Systems verbesserbar ist, wobei mittels des Analysemoduls Ausgabedaten ermittelbar sind, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten des Systems charakterisieren.

10 Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass bei herkömmlichen, aus dem Stand der Technik bekannten Modellierungen die erzielbare Genauigkeit, also der erzielbare Grad an Übereinstimmung der ermittelten Modellgrößen mit den entsprechenden realen Größen zu klein ist, um sichere Aussagen 15 über ein zukünftiges Verhalten der Anlage zu machen. Für einen gegenwärtigen Zeitpunkt bieten bekannte Modellierungen meist brauchbare Ergebnisse, d.h. es liegt eine hoher Grad an Übereinstimmung mit den entsprechenden realen Größen zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor. Um so entfernter jedoch der interessierende Zeitpunkt des Verhaltens der Anlage in der Zukunft liegt, desto größer wird die Voraussageunsicherheit.

Ein weiterer Ansatzpunkt der Erfindung liegt in der Erkenntnis, dass es in vielen Fällen unmöglich oder nur unter extrem 25 hohen Aufwand möglich ist, ein einigermaßen genaues Modell der technischen Anlage anzugeben (beispielsweise wegen eines stark nichtlinearen Verhaltens einiger Systeme der technischen Anlage).

30 Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird von einem dynamischen Modell mindestens eines Systems der technischen Anlage ausgegangen, welches während des Betriebs mittels Methoden der künstlichen Intelligenz verbessert wird. Dadurch wird die Fähigkeit des Analysemoduls verbessert, das Betriebsverhalten 35 des Systems zu beschreiben und zu prognostizieren.

Dabei ist es nicht zwingend notwendig, mit einem komplexen, einheitlichen dynamischen Modell des Systems zu starten. Oftmals genügt beispielsweise ein Satz an wenigen insulären, einfachen Gleichungen und Kennlinien, welche ergänzt sein

5 können durch ein bevorzugt einfach aufgebautes neuronales Netz, Fuzzy Logic oder einen genetischen Algorithmus. Das Zusammenwirken zwischen diesen „Teil-Modellen“ zu einer Systembeschreibung wird dann während des Betriebs durch den KI-basierten Algorithmus verbessert, so dass ein Zusammenhangs-

10 geflecht der genannten Elemente entsteht.

Ein Modell, insbesondere ein deterministisches, im klassischen Sinn ist nicht erforderlich. Vielmehr wird das genannte Zusammenhangsgeflecht parametriert (z.B. eine Bernoulli-
15 Gleichung dieses Geflechts, um diese auf eine konkret vorliegende Strömung anzuwenden) und der KI-basierte Algorithmus sucht in historischen oder momentanen Betriebsdaten und/oder Strukturdaten des Systems und/oder der technischen Anlage nach Zusammenhängen, z.B. Änderungen von Größen, welche sich
20 in Folge der Änderung anderer Größen einstellen. Derartige neu entdeckte Zusammenhänge werden dann durch den KI-basierten Algorithmus in das dynamische Modell integriert – insbesondere als zusätzliche Kennlinie und/oder Gleichung oder als eine Anpassung von Parametern des dynamischen Mo-
25 dells, beispielsweise der Netzgewichtsfaktoren eines neuronalen Netzes, – und dieses dadurch verbessert.

Der Begriff „System“ soll im Zusammenhang mit der Erfindung den Bereich von einer einfachen Komponente – beispielsweise
30 eine Rohrleitung – bis hin zu einem hoch komplexen Gesamtsystem, umfassend eine Anzahl an Teilsystemen, – beispielsweise ein Turbinensatz, eine Kesselanlage, ein Kraftwerksblock oder das gesamte Kraftwerk – abdecken.

35 Unter „Betriebsdaten“ werden insbesondere alle Arten von Daten verstanden, die beim Betrieb der technischen Anlage anfallen wie beispielsweise Temperaturmesswerte, Druckmessda-

ten, Wärmebilder, Sensordaten, Meldungen, Alarme, Warnungen usw.

Der „KI-basierte Algorithmus“ umfasst insbesondere Methoden 5. der künstlichen Intelligenz wie neuronale Netze, Fuzzy Logic und genetische Algorithmen.

Das „dynamische Modell“ kann deterministisch und numerisch oder auch mittels KI-basierter Methoden beschrieben sein. Es 10 kann weiterhin physikalische und mathematische Gleichungen umfassen. Auch Kombinationen der genannten Elemente sind umfasst, insbesondere physikalische und/oder mathematische Gleichungen, die durch KI-basierte Methoden verknüpft sind.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Verbesserung des dynamischen Modells die Identifizierung von solchen Eingabedaten, welche zuvor noch nicht vom dynamischen Modell genutzt sind, und mit Hilfe dieser Eingabedaten ist das dynamische Modell erweiterbar.

20 Dabei wird der KI-basierte Algorithmus bei der Verbesserung des dynamischen Modells zur Identifikation und Etablierung von im dynamischen Modell noch nicht berücksichtigter Zusammenhänge verwendet.

25 Bevorzugt umfasst das dynamische Modell ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe {Kennlinie, physikalische Gleichung, neuronales Netz, Fuzzy Logic, genetischer Algorithmus}.

30 Insbesondere umfasst das dynamische Modell mindestens ein neuronales Netz, welches mit historischen Betriebsdaten des Systems trainierbar ist.

35 Die Modellierung technischer Komponenten und Anlagen mittels neuronaler Netze ist ein bekanntes und bewährtes Verfahren. Ein besonderer Vorteil ist darin zu sehen, dass eine analytische Beschreibung der zu modellierenden Komponente nicht be-

kannt sein muss. Durch die Trainingsphase (welche beispielsweise einen bekannten Backpropagation-Algorithmus umfasst) wird die zuerst mittels Startparameter („Start-Gewichtsfaktoren“) initialisierte, vorab festgelegte Struktur des neuronalen Netzes hinsichtlich ihrer Gewichtsfaktoren ausgebildet, so dass nach Abschluss der Trainingsphase eine gute Übereinstimmung mit der realen Komponente erwartet werden kann. Auf diese Weise erhält man ein Modell der Komponente, ohne eine genaue, analytische Analyse vornehmen zu müssen. In der Trainingsphase lernt das neuronale Netz, auf bestimmte Eingangswerte mit bestimmten Ausgangswerten zu reagieren; derartige Eingangswerte werden zusammen mit ihren korrespondierenden Ausgangswerten oft als Trainingsmenge bezeichnet. Im Betrieb interpoliert dann das neuronale Netz für Eingangswerte, welche nicht von der Trainingsmenge umfasst sind, so dass auch für derartige Eingangswerte Ausgangswerte errechnet werden.

Beim Betrieb der technischen Anlage zeigt sich oft das Problem, dass nicht alle Betriebsdaten, welche einen Einfluss auf das Verhalten der zu modellierenden Komponente(n) oder auch der gesamten technischen Anlage nehmen, bekannt oder erfassbar sind.

Der Einsatz des mindestens einen KI-basierten Algorithmus ermöglicht es weiterhin, auch solche Parameter in die Berechnungen des Zustandes des Systems der technischen Anlage mittels des dynamischen Modells einzubeziehen, die nicht direkt auf dieses System der technischen Anlage wirken, beispielsweise als Ein- und/oder Ausgangssignale oder Medienströme. Beispielsweise kann bei einer seriell angeordneten Kette von Systemen die Modellierung eines in der Mitte dieser Kette befindlichen Systems vorgesehen sein, welches – neben gegebenenfalls direkt auf dieses System einwirkenden Eingangssignalen – vom vorangehenden System Eingangssignale, die nicht messtechnisch oder auf andere Weise zugänglich sind, erhält.

Die Methoden der künstlichen Intelligenz (die in Anlehnung an die biologische Evolution beispielsweise als genetische Suchalgorithmen nach einer geeigneten Merkmalskombination ausgebildet sein können) erlauben dabei auch dann eine Berechnung

5. des Zustandes eines Systems der technischen Anlage, wenn die Eingangsparameter zur Bestimmung des Ist-Zustandes weitgehend unbekannt oder nur schwer ermittelbar sind, beispielsweise - wie vorher genannt - mittels einer aufwendigen Messung der Ausgangswerte des vorangehenden Systems.

10

Dabei können z.B. auch statistische Methoden im Zusammenhang mit dem KI-basierten Algorithmus eingesetzt werden, wobei die wahrscheinlichsten Ein- und/oder Ausgangswerte eines Systems, die nicht anderweitig zugänglich sind, in einer aktuellen Betriebssituation ermittelt werden, indem der KI-basierte Algorithmus diese vom dynamischen Modell benötigten Ein- und/oder Ausgangswerte des betreffenden Systems beispielsweise durch eine evolutionäre Suchstrategie ermittelt.

20 Auf diese Weise kann eine gute Übereinstimmung des Modells des mindestens einen Systems mit dem realen Verhalten dieses Systems erwartet werden, da mittels des mindestens einen KI-basierten Algorithmus auch solche Betriebsdaten in die Modellierung des Systems einbezogen werden, die ansonsten außen
25 vor blieben und zu einer mehr oder weniger starken Ungenauigkeit des Modells und damit insbesondere der damit erstellten Prognosen führen würden.

30 Damit können insbesondere auch Eingangs- und/oder Ausgangsdaten des Systems, die dessen Betriebszustand mit bestimmen, aber nicht - z.B. messtechnisch - zugänglich sind, einbezogen werden. Dadurch ist die Genauigkeit der Prognose erhöht.

35 Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfasst eine Anzahl an Analysemodulen, welche jeweils ein dynamisches Modell mindestens eines Systems der technischen Anlage umfassen. Weiterhin ist dabei mindestens ein weiterer KI-

basierter Algorithmus vorgesehen ist, mittels welchem Korrelationen mindestens zwischen den Ein- und/oder Ausgabedaten eines ersten und den Ein- und/oder Ausgabedaten eines zweiten der Analysemodule ermittelbar sind.

5.

Diese Ausführungsform der Erfindung betrifft die Erweiterung der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf die parallele Überwachung zusammenwirkender Systeme, wobei das Zusammenwirken in Form einer Beziehung zwischen den jeweiligen Ein- und/oder Ausgabedaten der Analysemodule vom weiteren KI-basierten Algorithmus ermittelt und als weitere Zusammenhänge etabliert werden (beispielsweise in Form einer Gleichung, eines neuronalen Netzes oder einer Kennlinie).

10

Dadurch entsteht ein genaues dynamisches Modell der zusammenwirkenden Systeme umfassend das dynamische Modell der einzelnen Systeme sowie die weiteren Zusammenhänge.

15

So ist das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten sowohl der einzelnen Systeme, als auch das Betriebsverhalten der durch das Zusammenwirken der System entstehenden Anlage beschreibbar.

20

Dabei sind vorteilhaft mittels der Korrelationen weitere Ausgabedaten ermittelbar, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten der technischen Anlage charakterisieren, wobei diese weiteren Ausgabedaten systemübergreifende Informationen beinhalten.

25

Korrelationen zwischen den genannten Daten deuten auf gegenseitige Abhängigkeiten hin, wodurch die dadurch gewonnen weiteren Ausgabedaten in ihrer Aussagekraft über die Systemgrenzen der beteiligten Einzelsysteme hinausgehen und damit das Verhalten einer größeren Einheit der technischen Anlage, umfassend mindestens zwei Systeme, beschreiben.

30

Bevorzugt umfassen die Betriebs- und/oder Strukturdaten der technischen Anlage eine oder mehrere Informationen aus der

35

Gruppe {Prozessdaten, Betriebsmeldungen, Warnmeldungen, Störmeldungen, Beobachtungsnotizen, Kommentare, Aufbau der technischen Anlage, Hierarchie der Anlagenkomponenten}).

5. Die Prozessdaten können dabei on- und offline aus einem Leitsystem der technischen Anlage und/oder einem damit verbundenen Untersystem gewonnen werden oder auch manuell eingegeben werden
10. Die Betriebsmeldungen umfassen insbesondere Sensordaten und davon abgeleitete Informationen über den Betriebszustand der technischen Anlage und deren Systeme.
15. Die Strukturdaten beinhalten insbesondere Informationen über den Aufbau der technischen Anlage hinsichtlich der von der technischen Anlage umfassten Systeme (Anlagenkomponenten, Untersysteme, Systemgruppen) sowie deren hierarchischem Zusammenwirken und Priorisierung.
20. Diese Daten können dabei momentane und/oder historische Daten umfassen, welche beispielsweise in einem Kurz- oder Langzeitarchiv oder in einem Engineeringssystem abgelegt sind.

Bevorzugt sind die Betriebs- und/oder Strukturdaten von einem

25. Prozessleitsystem bereit gestellt.

Zur Bedienung und Beobachtung von komplexeren technischen Anlagen wird meist ein Prozessleitsystem eingesetzt in welchem die genannten Daten vorhanden sind oder während des Betriebs

30. anfallen und gespeichert werden. Bei dieser Ausführungsform ist die Datenbereitstellung daher besonders aufwandsarm.

Die Erfindung führt weiterhin zu einem Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage, insbesondere einer Kraftwerksanlage, umfassend folgende Schritte:

- 35.

10

- Einem dynamischen Modell mindestens eines Systems der technischen Anlage werden Betriebs- und/oder Strukturdaten der technischen Anlage als Eingabedaten zuführt,
- mittels eines KI-basierten Algorithmus wird das dynamische Modell des Systems während des Betriebs des Systems verbessert, und
- mittels des dynamischen Modells werden Ausgabedaten ermittelt, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten des Systems charakterisieren.

10

Bevorzugt umfasst die Verbesserung des dynamischen Modells die Identifizierung von solchen Eingabedaten, welche zuvor noch nicht vom dynamischen Modell genutzt sind, und mit Hilfe dieser Eingabedaten ist das dynamische Modell erweiterbar.

15

In einer weiteren Ausführungsform sind eine Anzahl an dynamischen Modellen, welche jeweils mindestens ein System der technischen Anlage beschreiben, und mindestens ein weiterer KI-basierter Algorithmus vorgesehen, mittels welchem Korrelationen mindestens zwischen den Ein- und/oder Ausgabedaten eines ersten und den Ein- und/oder Ausgabedaten eines zweiten der dynamischen Modelle ermittelbar sind.

Vorteilhaft sind mittels der Korrelationen weitere Ausgabedaten ermittelbar, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten der technischen Anlage charakterisieren, wobei diese weiteren Ausgabedaten systemübergreifende Informationen beinhalten.

Die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ihren vorteilhaften Ausgestaltungen gemachten Ausführungen sind auf das erfindungsgemäße Verfahren übertragbar und werden daher hier nicht wiederholt.

Zusammengefasst lässt sich die Erfindung in das folgende Umfeld einbetten:

Künstlich Intelligenz zur Diagnose von Systemen einer technischen Anlage, beispielsweise einer Kraftwerksanlage, kann dazu eingesetzt werden, vorausschauend Fehler zu prognostizieren, wobei alle in der technischen Anlage zur Verfügung stehenden Daten herangezogen werden können.

Die Schwerpunkte liegen dabei z.B. auf genetischen Algorithmen und neuronalen Netzen zur Modellierung und Bewältigung von Überwachungs-, insbesondere Diagnoseaufgaben.

10

Von besonderem Interesse ist es, den Aufwand der Diagnoseapplikationen in der technischen Anlage deutlich zu reduzieren und darüber hinaus eine verbesserte Optimierung der Regelungen zu ermöglichen.

15

Eine Verbesserung ist erreicht, wenn einerseits die relevanten Aggregateigenschaften von Systemen der technischen Anlage, wie beispielsweise Leistung und Energieverbrauch, im Hinblick auf gesetzliche Vorschriften und Ressourcenknappheit 20 reduziert werden.

Auf der anderen Seite sollen Kundenwünsche nach verbesserter Leistung und Diagnosemöglichkeiten erfüllt werden.

In die Diagnose mittels genetischer / evolutionärer Algorithmen sind sowohl Großsysteme als auch kleine Systeme integrierbar.

Durch die Verbindung von genetischen (evolutionären) Algorithmen mit Kohonen- und/oder Neuronalen Netzen jeglicher Art 30 ist es möglich, Aussagen über den Zustand mindestens eines Systems der technischen Anlage zu ermöglichen.

Der Einsatz von genetischen Algorithmen ermöglicht es darüber hinaus auch, solche Parameter in die Bestimmung des Zustandes 35 eines Systems der technischen Anlage einzubeziehen, die nicht direkt auf diese Komponente der technischen Anlage wirken,

beispielsweise als Ein- und/oder Ausgangssignale oder Medienströme.

Die Methodiken von genetischen Algorithmen (Suchalgorithmen)

5. erlauben darüber hinaus auch dann eine Berechnung des Zustands mindestens eines Systems oder der gesamten technischen Anlage, wenn die Eingangsparameter zur Bestimmung des Ist-Zustandes weitgehend unbekannt und/oder nicht oder nur schwer ermittelbar sind, beispielsweise mittels einer aufwendigen

10. Messung.

Der Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Diagnose ermöglicht es weiterhin, dass bei komplexen Anlagenzuständen Abweichungen von errechneten Ist-Zuständen dem Betreiber der

15. technischen Anlage gemeldet werden.

Hierbei kann zunächst auf einen konkreten Fehlerhinweis, z.B. über den eng eingegrenzten Fehlerort, verzichtet werden, da Ausfälle z.B. von Sensoren meist von einem vorhandenen Leitsystem sowieso erfasst und gemeldet werden.

20

Wichtig im Zusammenhang mit der Erfindung ist vielmehr die Erkennung von schleichenden Prozessen - die nicht unbedingt einen sofortigen Ausfall einer Anlagenkomponente hervor rufen - wie Verschmutzung, Leistungsabfall durch Abnutzung, Alterung usw., die vom Menschen durch den „Gewöhnungseffekt“ nicht richtig wahrgenommen bzw. richtig interpretiert werden.

In vielen Fällen führen derartige schleichende Veränderungen irgendwann einmal zum Ausfall der technischen Anlage.

30. Die Veränderungen werden aber oft nicht erkannt, da eine vorhandene Regelungseinrichtung beispielsweise versucht, dieser Veränderung entgegenzuwirken: Beispielsweise werden Verschmutzungen an den Schaufeln eines Lüfters durch eine Verstellung der Lüfterschaufeln kompensiert. Oder die Regelungseinrichtung kompensiert nachlassende Leistungen von Öl- oder Kühlpumpen durch neue Sollwertvorgaben; dann wird die Temperatur z.B. eines Lagers nur sehr langsam höher, da die Rege-

lungseinrichtung bei einem sich anbahnenden Defekt oftmals den Zeitpunkt des Systemausfalls hinauszögern kann. Jedoch werden dabei die geregelten Systeme immer höher beansprucht und der Verschleiß steigt. Der Benutzer der technischen Anlage bekommt davon nichts mit, da gerade wegen der Regelungseinrichtung die technische Anlage weiter funktioniert, obwohl ein oder mehrere Systeme der technischen Anlage sich ihrer Verschleißgrenze nähern.

10 Ein riskanter Betrieb liegt insbesondere dann vor, wenn ein funktionierendes System unter erhöhter Beanspruchung betrieben wird; eine derartige Beanspruchung kann durch eine vorher genannte Regelungseinrichtung durch eine Sollwertvorgabe verursacht sein.

15 Beispielsweise ist ein Kühlkreislauf für einen Dauerbetrieb mit 50% Leistung ausgelegt. Dann kann ein dauerhafter Betrieb mit 70-80% Leistung schon bald zu gravierenden Schäden führen. Ein sich anbahnender Ausfall einer Leck geschlagenen Kühlpumpe bleibt jedoch unbemerkt, da die Regelungseinrichtung zur Aufrechterhaltung der Funktion des Kühlkreislaufs den Sollwert (z.B. den Druck) für die Kühlpumpe immer weiter erhöht, was den Ausfall der Pumpe weiter beschleunigt. Erst wenn der Ausfall tatsächlich eingetreten ist, wird der Fehler der Kühlpumpe als Fehlerursache des Kühlsystems bemerkt.

20 25 Hier können eine erfindungsgemäße Vorrichtung sowie ein Verfahren Abhilfe schaffen.

Genetische Algorithmen in Verbindung mit intelligenten, lernfähigen Netzwerken erlauben darüber hinaus die Erkennung von riskanten Betriebsweisen der technischen Anlage, Überlastung bzw. falsche Auslastung von Aggregaten und Systemen u.s.w.. Dies wird vorteilhaft dem Betreiber / Bediener der technischen Anlage gemeldet, beispielsweise in Form eines Betriebsdiagramms (z.B. eines Kennfelds), aus dem sowohl der momentane Betrieb, als auch ein vorgeschlagener, verbesserter Betrieb hervorgeht.

Die Darstellung von Abweichungen kann vorteilhaft mittels Kennfelder erfolgen. Basierend auf genetischen Algorithmen ist neben der Fehlervoraussage auch eine Optimierung des Betriebs der technischen Anlage möglich.

5

Weiterhin können mittels genetischer Algorithmen Informationen für das Management-Personal der technischen Anlage gewonnen werden, die eine Aussage über den Gesamtzustand der Anlage und ggf. über in einem Zeitabstand notwendige Wartungsmaß-

10

nahmen ermöglichen.

15

Vorteilhaft ermöglicht der Einsatz von Künstlicher Intelligenz eine Onlineberechnung von Systemzuständen, d.h. der Betreiber kann auf ein „Fehlverhalten“ in seiner Anlage hingewiesen werden und ist dann in der Lage, vorrausschauende Berechnungen anzustellen, die ihm eine neue Betrachtungsweise ermöglichen.

Beispiel:

20

25

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung, z.B. in Form eines Diagnosesystems, meldet dem Betreiber „Fehler an Kohlemühle XX Bereich Mahlwalzen“; durch Gegenkontrolle wird festgestellt, dass eine Wartungsmaßnahme der Kohlemühle nötig ist (z.B. weil dies so vom Hersteller im zugehörigen Wartungshandbuch vgeschrieben ist).

30

Durch vorrausschauende Berechnung kann dann durch das erfindungsgemäße Diagnosesystem bestimmt werden, was passiert, wenn der Betreiber seine technische Anlage ohne Wartungsmaßnahme trotzdem weiter in Betrieb lässt und wann der tatsächliche Eintritt eines Betriebsausfalls der Kohlemühle zu erwarten ist.

35

Mit der Verbindung von genetischen Algorithmen und Neuronalen Netzen sowie ggf. Kohonen-Netzwerken lässt sich eine Vielzahl an Aussagen hinsichtlich des aktuellen und/oder zukünftigen

Zustandes der technischen Anlage treffen, insbesondere, wann eine Wartungsmaßnahme erforderlich sein wird.

Im Folgenden werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung 5, näher dargestellt. Es zeigen:

FIG 1 eine Systemhierarchie, wie sie üblicherweise in technischen Anlagen vorkommt,

FIG 2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung, und

10 FIG 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zwei Analysemodulen.

FIG 1 zeigt beispielhaft einen hierarchischen Systemaufbau einer technischen Anlage 2.

15

Die technische Anlage 2 ist ausgebildet als eine Kraftwerksanlage zur Erzeugung von elektrischer Energie und umfasst zwei Kraftwerksblöcke 3.

20 Jeder Kraftwerksblock 3 umfasst dabei zwei Turbinen 5, beispielsweise Gasturbinen. Diese Turbinen 5 wiederum beinhalten jeweils einen Kühlkreislauf 9.

25 Dieser Kühlkreislauf 9 umfasst dabei eine Turbinenschaufel 11 der Turbine 5.

Jedes der genannten Elemente soll im Zusammenhang mit der Erfindung unter den Begriff System fallen. Ein System kann also eine einfache, isolierte Komponente wie beispielsweise eine 30 Turbinenschaufel, aber auch ein komplexes System, wie den Kraftwerksblock 3 oder auch mehrere Kraftwerksblöcke 3 umfassen.

35 Die FIG 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 mit einem Analysemodul 13.

Dem Analysemodul 13 sind dabei Betriebsdaten 17 und Strukturdaten 19 der technischen Anlage als Eingabedaten zugeführt.

Bei den Betriebsdaten 17 kann es sich beispielsweise um Online-Messdaten handeln, welche in der technischen Anlage oder im System selbst mittels Sensoren aufgenommen werden. Es kann sich dabei aber auch um aus diesen Messdaten abgeleitete Daten handeln, welche beispielsweise in einem Rechnersystem erzeugt werden. Ferner können die Betriebsdaten 17 auch Offline-Messdaten umfassen, welche beispielsweise in einem Archiv abgelegt sind oder manuell eingegeben werden.

Die Strukturdaten 19 beschreiben die technische Anlage oder das System selbst. Sie beinhalten insbesondere Informationen über die Zusammenschaltung von Teilsystemen, welche vom System umfasst sind und deren hierarchische Anordnung.

Ein dynamisches Modell 15 ist zur Modellierung des Systemverhaltens vorgesehen. Dieses Modell 15 kann beispielsweise analytische Gleichungen, aber auch Methoden der künstlichen Intelligenz wie beispielsweise neuronale Netze, Fuzzy Logic oder genetische Algorithmen umfassen. Des Weiteren können insbesondere einfache Kennlinien zur Beschreibung des Systemverhaltens vorgesehen sein.

Ein KI-basierter Algorithmus 21 ist zur Verbesserung des dynamischen Modells 15 während des Betriebs des Systems 15 vorgesehen.

Dieser KI-basierte Algorithmus 21 kann beispielsweise ausgebildet sein als ein genetischer Algorithmus.

Eine wichtige Rolle dieses Algorithmus 21 besteht im Vornehmen von dynamischen Anpassungen im Modell 15, um eine Verbesserung dieses Modells 15 zu erreichen in dem Sinne, dass ein verbessertes Modellverhalten, also eine bessere Übereinstimmung mit dem Verhalten des realen Systems erreicht wird. Bei-

spielsweise kann zur Beurteilung dieses Sachverhalts ein Modellierungsfehler herangezogen werden, beispielsweise die Differenz zwischen dem tatsächlichen zeitlichen Verhalten des Systems und dem modellierten zeitlichen Verhalten dieses Systems. Mittels des KI-basierten Algorithmus 21 kann dann eine Verbesserung des Modells 15 erfolgen. Dabei wird der KI-basierte Algorithmus 21 insbesondere dafür verwendet, bei der Modellierung noch nicht berücksichtigte Parameter und Daten, welche von den Betriebsdaten 10 und/oder den Strukturdaten 19 umfasst, aber zur Modellierung noch nicht herangezogen sind, zu identifizieren und weitere Zusammenhänge, beispielsweise Gleichungen oder Kennlinien, umfassend die genannten identifizierten Parameter und/oder Daten, zu etablieren und dem dynamischen Modell 15 hinzuzufügen.

Ein als genetischer Algorithmus ausgebildeter KI-basierter Algorithmus 21 optimiert vom dynamischen Modell 15 umfasste Zusammenhänge wie beispielsweise Gleichungen, Kennlinien oder Netzparameter eines neuronalen Netzes, indem er evolutionär Parameter und Daten kombiniert und re-kombiniert und dabei insbesondere neue Zusammenhänge entdeckt, welche vom dynamischen Modell 15 noch nicht umfasst sind.

Insofern geht die beschriebene, im Zusammenhang mit der Erfindung verwendete Modellierung und deren Verbesserung mittels des KI-basierten Algorithmus 21 über bekannte Methoden von z.B. Supervised Learning und klassische Modellierung hinaus.

Das Analysemodell 13 erzeugt als Ausgabedaten 23 Aussagen über das Betriebsverhalten des Systems. Es kann sich dabei beispielsweise um ein momentanes oder auch zukünftiges Betriebsverhalten des Systems (Erstellung einer Prognose handeln. Beispielsweise werden dem Analysemodul 13 Betriebsdaten 17 zugeführt und angenommen, dass diese Betriebsdaten über einen bestimmten zukünftigen Zeitraum andauern werden. Die Ausgabedaten 23 erlauben dann eine Aussage beispielsweise da-

hingehend, ob und ggf. wann eine Störung des Systembetriebs zu erwarten ist. Diese Aussage ist umso genauer, je genauer das Modell 15 das tatsächliche Systemverhalten widerspiegelt.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 wird insbesondere

5 durch den KI-basierten Algorithmus 21 für eine hohe Genauigkeit des Modells 15 gesorgt, so dass die vom Analysemodul 13 als Ausgabedaten 23 ermittelten Prognosen und Diagnosen sehr genau sind.

10 Die Ausgabedaten 23 umfassen insbesondere qualifizierte Meldungen hinsichtlich Fehlererkennung (Trendanalyse, Verschleiß und Alterung), Wirkungsgrad, Prozessqualität und erwartetes zukünftiges Verhalten des Systems und der technischen Anlage.

15 Um derartige Meldungen zu erzeugen, kann vom Analysemodul 13 ein Regelwerk umfasst sein, um vom Modell 15 generierte Ausgangsdaten in die genannten Meldungen zu transformieren. Das Regelwerk kann dabei insbesondere Regeln für die Prognose eines kurzfristigen Betrachtungszeitraum sowie Regeln für einen

20 langfristigen Betrachtungszeitraum umfassen.

Dem Regelwerk können dabei neben den Ausgangsdaten des Modells 15 weitere Informationen zugeführt sein, beispielsweise Meldungen und Alarme betreffend das System oder die technische Anlage.

25 In der Darstellung der FIG 3 umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zwei Analysemodule 13a und 13b.

30 Dem Analysemodul 13a sind dabei Betriebsdaten 17a und Strukturdaten 19a eines Kühlsystems 29 zugeführt; das Analysemodul 13b erhält als Eingangsdaten Betriebsdaten 17b und Strukturdaten 19b eines Generators 31.

35 Des Weiteren sind beiden Analysemodulen 13a, 13b Umgebungsdaten 33 der technischen Anlage zugeführt, beispielsweise die Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck usw.

Jedes Analysemodul 13a, 13b ermittelt Ausgabedaten 23a bzw. 23b, welche das Betriebsverhalten des jeweils analysierten Systems 29 bzw. 31 charakterisieren.

5

Da das Kühlssystem 29 und der Generator 31 keine verfahrenstechnisch isoliert voneinander zu betrachtenden Systeme sind, ist damit zu rechnen, dass insbesondere sich verändernde Betriebsdaten 17a des Kühlssystems 29 Einfluss nehmen auf das Systemverhalten des Generators 31 und damit auf die Ausgabedaten 23b des Analysemoduls 13b. Dasselbe gilt für sich verändernde Betriebsdaten 17b des Generators 31, von welchen erwartet werden kann, dass sich daraufhin das Betriebsverhalten des Kühlssystems 29 und damit die Ausgabedaten 23a des Analysemoduls 13a verändern.

Um derartige Korrelationen aufzuspüren und zu quantifizieren ist der weitere KI-basierte Algorithmus 25 vorgesehen.

20 Dieser kann beispielsweise ausgebildet sein als ein weiterer genetischer Algorithmus, welcher weitere Ausgabedaten 27 erzeugt, welche systemübergreifende Informationen umfassen, also über die Charakterisierung des Verhaltens eines der Systeme hinausgehen und insbesondere Informationen über das Zusammenspiel der Systeme 29 und 31 und deren gegenseitige Abhängigkeiten enthalten.

25 Der weitere KI-basierte Algorithmus 25 ist dabei also zuständig für Identifikation und Etablierung übergeordneter, systemübergreifender Zusammenhänge. Diese Zusammenhänge können beispielsweise Gleichungen, Kennlinien oder neuronale Netze umfassen, die vom weiteren KI-basierten Algorithmus 25 erzeugt und/oder parametriert werden.

35 Die Strategie zur Identifikation und Etablierung derartiger Systemübergreifender Zusammenhänge kann dabei ähnlich sein wie bei der im Zusammenhang mit FIG 2 genannten Identifikati-

on und Etablierung von systeminternen weiteren Zusammenhängen durch die KI-basierten Algorithmen 21a, 21b.

5 Mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und eines erfindungsgemäßen Verfahrens soll es insbesondere möglich sein, ohne aufwendige Diagnosemittel aus vorhandenen Betriebs- und Strukturdaten eines Systems Aussagen über das Systemverhalten, insbesondere über das zukünftige, zu machen.

10 Dazu ist ein selbst-adaptierendes dynamisches Modell des Systems vorgesehen, welches von einem KI-basierten Algorithmus während des Betriebs verbessert wird.

15 Der KI-basierte Algorithmus 21 wird insbesondere dazu verwendet, in den meist ohnehin verfügbaren Betriebs- und/oder Strukturdaten einer technischen Anlage, welche beispielsweise in einem Leitsystem verarbeitet werden, nach Zusammenhängen zu suchen und die dabei identifizierten Zusammenhänge in das dynamische Modell zu integrieren, um dieses schrittweise zu 20 verbessern.

25 Es ist also nicht notwendig, dass ein analytisches Modell des Systems oder der technischen Anlage vorliegt. Vielmehr wird das Modell ausgehend beispielsweise von einer sehr einfachen Kennlinie eines Kennlinienfeldes und/oder von einfachen Gleichungen schrittweise verbessert durch eine Korrelationsanalyse der Betriebs- und Strukturdaten mittels des KI-basierten Algorithmus unter Etablierung der dabei ermittelten Korrelationen beispielsweise in Form von weiteren Kennlinien, Gleichungen usw.

30 Im Unterschied zu herkömmlichen Überwachungs- und Diagnosevorrichtungen beruht die vorliegende vorzugsweise auf einer datenbasierten Methode, wobei Abhängigkeiten zwischen Teilen von vorliegenden Betriebsdaten und/oder zwischen Teilen von Strukturdaten einer technischen Anlage mit Methoden der künstlichen Intelligenz aufgespürt und als quantifizierte Zu-

21

sammenhänge, beispielsweise Gleichungen und/oder Kennlinien, etabliert werden, so dass ein genaues dynamisches Modell mindestens eines Systems der technischen Anlage entsteht.

5

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage (2), insbesondere einer

5 Kraftwerksanlage,

gekennzeichnet durch

- mindestens ein Analysemodul (13,13a,13b), welches ein dynamisches Modell (15) mindestens eines Systems (3,5,7,9,11) der technischen Anlage (2) umfasst, wobei dem Analysemodul (13,13a,13b) Betriebs- (17,17a,17b) und/oder Strukturdaten (19,19a,19b) der technischen Anlage (1) als Eingabedaten zuführbar sind, und
- mindestens einen vom Analysemodul (13,13a,13b) umfassten KI-basierten Algorithmus (21,21a,21b), mittels welchem das dynamische Modell (15) des Systems (3,5,7,9,11) während des Betriebs des Systems verbessbar ist,

wobei mittels des Analysemoduls ((13,13a,13b) Ausgabedaten (23,23a,23b) ermittelbar sind, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten des Systems (3,5,7,9,11) charakterisieren.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1,

durch gekennzeichnet, dass

25 die Verbesserung des dynamischen Modells (15) die Identifizierung von solchen Eingabedaten umfasst, welche zuvor noch nicht vom dynamischen Modell (15) genutzt sind, und dass mit Hilfe dieser Eingabedaten das dynamische Modell (15) erweiterbar ist.

30

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei der das dynamische Modell (15) ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe {Kennlinie, physikalische Gleichung, neuronales Netz, Fuzzy Logic, genetischer Algorithmus} umfasst.

35

4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das dynamische Modell (15) mindestens ein neuronales Netz

umfasst, welches mit historischen Betriebsdaten des Systems (3,5,7,9,11) trainierbar ist.

5. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

5. dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl an Analysemodulen (13,13a,13b) vorhanden sind, welche jeweils ein dynamisches Modell (15) mindestens eines Systems (3,5,7,9,11) der technischen Anlage (2) umfassen und dass mindestens ein weiterer KI-basierter Algorithmus (25) vorgesehen ist, mittels welchem Korrelationen mindestens zwischen den Ein- und/oder Ausgabedaten eines ersten und den Ein- und/oder Ausgabedaten eines zweiten der Analysemodule (13,13a,13b) ermittelbar sind.

15 6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5,

15 dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Korrelationen weitere Ausgabedaten (27) ermittelbar sind, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten der technischen Anlage (1) charakterisieren, wobei diese weiteren Ausgabedaten (27) systemübergreifende Informationen beinhalten.

7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei

25 die Betriebs- (17,17a,17b) und/oder Strukturdaten (19,19a,19b) der technischen Anlage (2) eine oder mehrere Informationen aus der Gruppe {Prozessdaten, Betriebsmeldungen, Warnmeldungen, Störmeldungen, Beobachtungsnotizen, Kommentare, Aufbau der technischen Anlage, Hierarchie der Anlagenkomponenten} umfassen.

30

8. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei

die Betriebs- (17,17a,17b) und/oder Strukturdaten (19,19a,19b) der technischen Anlage (2) momentane und/oder historische Daten der technischen Anlage (2) umfassen.

9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Betriebs- (17,17a,17b) und/oder Strukturdaten (19,19a,19b) der technischen Anlage (2) von einem Prozessleitsystem der technischen Anlage (2) bereitgestellt sind.

10. Verfahren zur Überwachung einer mehrere Systeme umfassenden technischen Anlage (2), insbesondere einer Kraftwerksanlage,

10 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Schritte:

- Einem dynamischen Modell mindestens eines Systems (3,5,7,9,11) der technischen Anlage (2) werden Betriebs- (17,17a,17b) und/oder Strukturdaten (19,19a,19b) der technischen Anlage (2) als Eingabedaten zuführt,
- mittels eines KI-basierten Algorithmus (21,21a,21b) wird das dynamische Modell (15) des Systems (3,5,7,9,11) während des Betriebs des Systems (3,5,7,9,11) verbessert, und
- mittels des dynamischen Modells (15) werden Ausgabedaten (27) ermittelt, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebsverhalten des Systems (3,5,7,9,11) charakterisieren.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Verbesserung des dynamischen Modells (15) die Identifizierung von solchen Eingabedaten umfasst, welche zuvor noch nicht vom dynamischen Modell (15) genutzt sind, und dass mit Hilfe dieser Eingabedaten das dynamische Modell (15) erweiterbar ist.

30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine Anzahl an dynamischen Modellen (15) vorgesehen sind, welche jeweils mindestens ein System (3,5,7,9,11) der technischen Anlage (2) beschreiben und dass mindestens ein weiterer KI-basierter Algorithmus (21,21a,21b) vorgesehen

25

ist, mittels welchem Korrelationen mindestens zwischen den Ein- und/oder Ausgabedaten eines ersten und den Ein- und/oder Ausgabedaten eines zweiten der dynamischen Modelle (15) ermittelbar sind.

5

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
mittels der Korrelationen weitere Ausgabedaten ermittelbar
sind, welche das momentane und/oder zukünftige Betriebs-
10 verhalten der technischen Anlage (2) charakterisieren, wo-
bei diese weiteren Ausgabedaten systemübergreifende Infor-
mationen beinhalten.

15

FIG 1

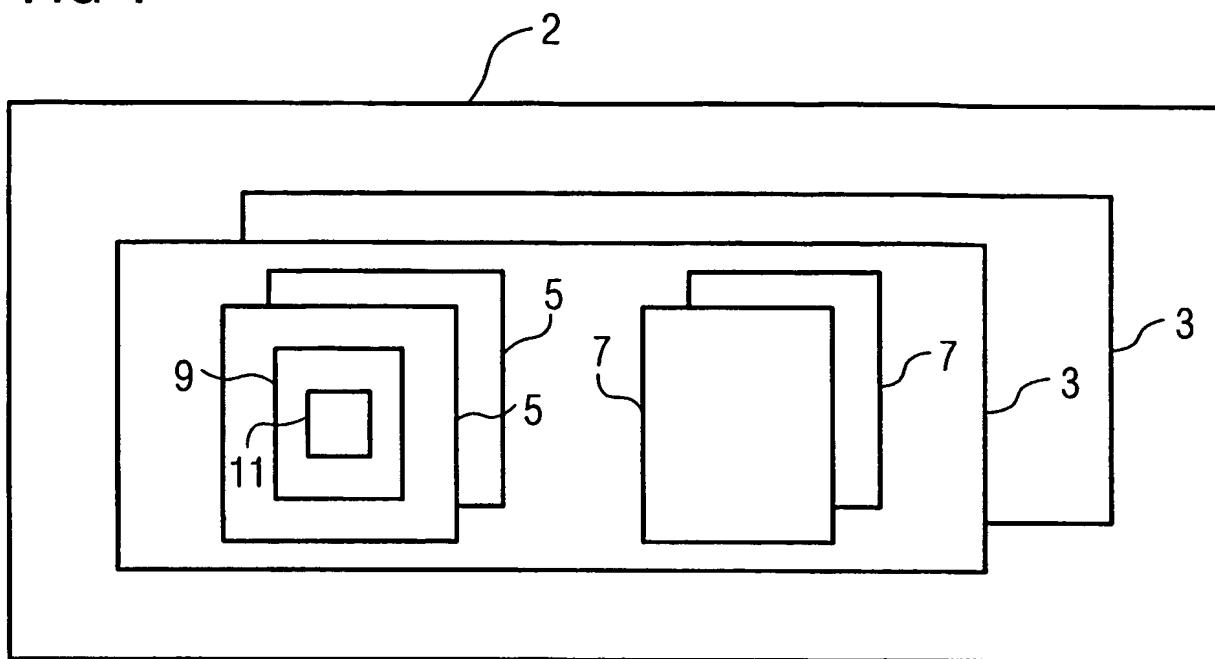
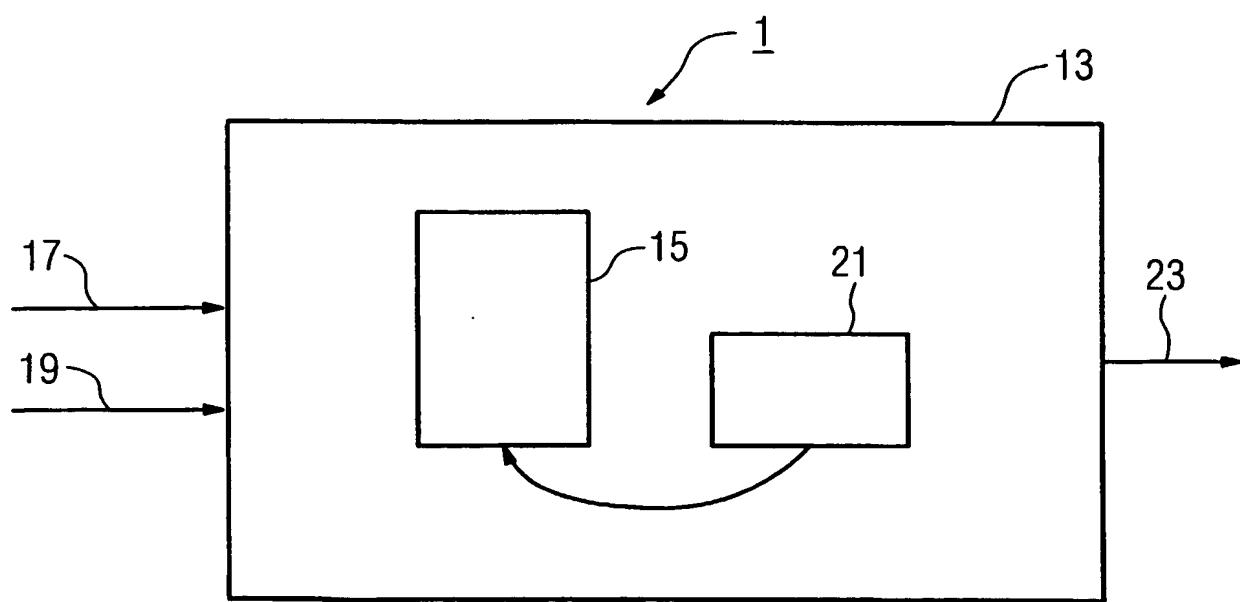
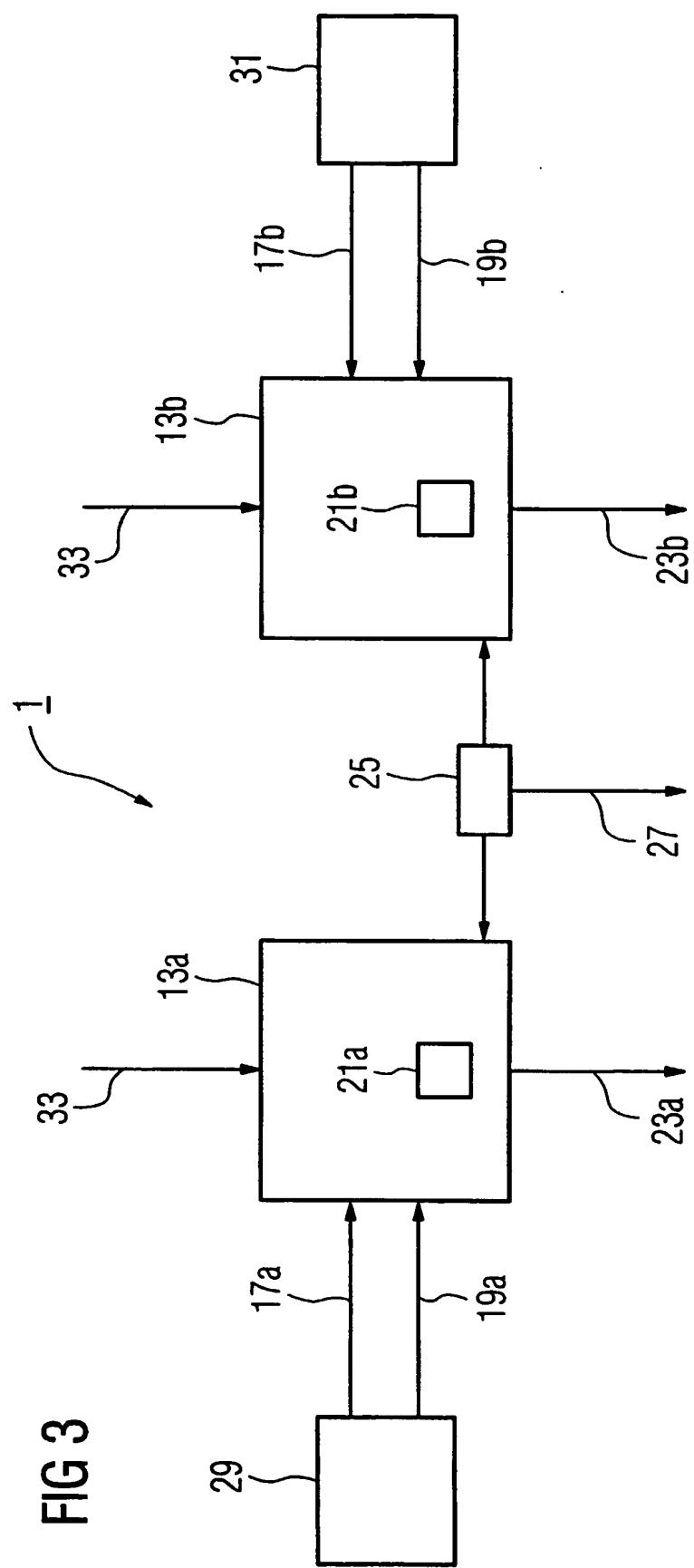


FIG 2





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/07202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G05B23/02 G05B13/02 G05B17/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G05B G07C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 353 815 B1 (GARCIA HUMBERTO E ET AL) 5 March 2002 (2002-03-05) column 4, line 46 -column 10, line 46 ---	1-4, 10, 11
A	US 2002/072828 A1 (TREIBER S STEVEN ET AL) 13 June 2002 (2002-06-13) column 3, line 46 -column 7, line 63 ---	1, 10
A	US 2002/133320 A1 (XU XIAO ET AL) 19 September 2002 (2002-09-19) column 2, line 20 -column 3, line 51 ---	1, 10
A	US 6 278 962 B1 (GUIVER JOHN P ET AL) 21 August 2001 (2001-08-21) column 4, line 25 -column 10, line 55 ---	1, 10
A	US 6 438 430 B1 (PICHE STEPHEN ET AL) 20 August 2002 (2002-08-20) -----	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 October 2003

Date of mailing of the International search report

14/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/07202

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6353815	B1	05-03-2002	NONE		
US 2002072828	A1	13-06-2002	CA	2414707 A1	10-01-2002
			EP	1295185 A2	26-03-2003
			WO	0203152 A2	10-01-2002
US 2002133320	A1	19-09-2002	WO	02057856 A2	25-07-2002
			US	2002128731 A1	12-09-2002
US 6278962	B1	21-08-2001	US	5877954 A	02-03-1999
			US	2001025232 A1	27-09-2001
			US	6110214 A	29-08-2000
US 6438430	B1	20-08-2002	US	6493596 B1	10-12-2002
			US	6487459 B1	26-11-2002
			US	5933345 A	03-08-1999
			US	2003088322 A1	08-05-2003
			US	2003028265 A1	06-02-2003
			US	2003065410 A1	03-04-2003
			US	2003078684 A1	24-04-2003
			AU	733463 B2	17-05-2001
			AU	3132197 A	26-11-1997
			CA	2254733 A1	13-11-1997
			DE	69717987 D1	30-01-2003
			DE	69717987 T2	21-08-2003
			EP	0897560 A1	24-02-1999
			JP	2000510265 T	08-08-2000
			KR	2000010791 A	25-02-2000
			US	2003014131 A1	16-01-2003
			US	2003018399 A1	23-01-2003
			WO	9742553 A1	13-11-1997
			US	6278899 B1	21-08-2001
			US	6381504 B1	30-04-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07202

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G05B23/02 G05B13/02 G05B17/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G05B G07C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 353 815 B1 (GARCIA HUMBERTO E ET AL) 5. März 2002 (2002-03-05) Spalte 4, Zeile 46 -Spalte 10, Zeile 46 ---	1-4, 10, 11
A	US 2002/072828 A1 (TREIBER S STEVEN ET AL) 13. Juni 2002 (2002-06-13) Spalte 3, Zeile 46 -Spalte 7, Zeile 63 ---	1, 10
A	US 2002/133320 A1 (XU XIAO ET AL) 19. September 2002 (2002-09-19) Spalte 2, Zeile 20 -Spalte 3, Zeile 51 ---	1, 10
A	US 6 278 962 B1 (GUIVER JOHN P ET AL) 21. August 2001 (2001-08-21) Spalte 4, Zeile 25 -Spalte 10, Zeile 55 ---	1, 10
A	US 6 438 430 B1 (PICHE STEPHEN ET AL) 20. August 2002 (2002-08-20) ---	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- &* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
1. Oktober 2003	14/10/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Kelperis, K

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07202

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6353815	B1	05-03-2002		KEINE		
US 2002072828	A1	13-06-2002	CA EP WO	2414707 A1 1295185 A2 0203152 A2		10-01-2002 26-03-2003 10-01-2002
US 2002133320	A1	19-09-2002	WO US	02057856 A2 2002128731 A1		25-07-2002 12-09-2002
US 6278962	B1	21-08-2001	US US US	5877954 A 2001025232 A1 6110214 A		02-03-1999 27-09-2001 29-08-2000
US 6438430	B1	20-08-2002	US US US US US US US AU AU CA DE DE EP JP KR US US WO US US	6493596 B1 6487459 B1 5933345 A 2003088322 A1 2003028265 A1 2003065410 A1 2003078684 A1 733463 B2 3132197 A 2254733 A1 69717987 D1 69717987 T2 0897560 A1 2000510265 T 2000010791 A 2003014131 A1 2003018399 A1 9742553 A1 6278899 B1 6381504 B1		10-12-2002 26-11-2002 03-08-1999 08-05-2003 06-02-2003 03-04-2003 24-04-2003 17-05-2001 26-11-1997 13-11-1997 30-01-2003 21-08-2003 24-02-1999 08-08-2000 25-02-2000 16-01-2003 23-01-2003 13-11-1997 21-08-2001 30-04-2002